

## تحلیلی بر آسیب‌پذیری شاخص‌های کالبدی

## در برابر زلزله به روش منطق فازی

(مطالعه موردی: منطقه ۱ تبریز)

محسن احدنژاد روشنی<sup>۱</sup>، شهریار روستایی<sup>۲</sup>محمدجواد کاملی‌فر<sup>۳</sup>، هادی علیزاده<sup>۴</sup>۱. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری  
دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، ایران.۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری،  
دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز، ایران.۳. نویسنده مسئول: دانشجوی دکترای جغرافیا و  
برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید  
چمران، اهواز، ایران.

Email: M.javad\_kamelifar@yahoo.com

۴. دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری،  
دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز،  
ایران.

دریافت: ۹۴/۵/۲۸ پذیرش: ۹۴/۹/۱۰

## چکیده

**مقدمه:** با توجه به اهمیت مقوله زلزله به عنوان یکی از حوادث طبیعی، چالش‌ها و آسیب‌های ناشی از آن در جوامع انسانی به خصوص در سکونت‌گاه‌های شهری، توجه به مباحث ساخت و ساز و سیاست‌گذاری در راستای شناسایی نقاط ضعف و قوت در بحث شاخص‌های کالبدی شهری حائز اهمیت است. با چنین ضرورتی و آگاهی از موقعیت زمین‌شناسی شهر به لحاظ رخداد زلزله، پژوهش حاضر به ارزیابی آسیب‌پذیری شاخص‌های کالبدی با تمرکز بر منطقه ۱ شهر تبریز اقدام شده است.

**روش:** روش مطالعه حاضر توصیفی-تحلیلی است.

اطلاعات مربوط به شاخص‌های موضوعی پژوهش

در شش بُعد از جمله عمر، کیفیت، تعداد طبقات، سطح اشغال، نوع کاربری و مصالح بناها دسته‌بندی و به تولید نقشه وضعیت موجود آنها پرداخته شد. برای تحلیل اطلاعات در راستای دستیابی به هدف پژوهش از نرم‌افزار Arc GIS 10 و توابع آنالیزی تحلیلی فازی AND، OR و Gama برای تشخیص بهترین شرایط و پهنه‌های مناسب استفاده شده است.

**یافته‌ها:** با توجه به یافته‌ها، تابع فازی گاما با حد آستانه ۰/۹ بهتر از سایر توابع فازی به تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای شاخص‌های کالبدی در منطقه ۱ تبریز پرداخته است. مطابق نتایج این تابع، قسمت‌های شمالی و شمال غربی منطقه و نواحی بخش‌های مرکزی متمایل به جنوب منطقه آسیب‌پذیر هستند.

**نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق حاکی از آن است که قسمت‌های شمالی منطقه ۱ و نواحی منتهی‌الیه قسمت غربی منطقه استعداد بالایی برای آسیب‌پذیری لرزه‌ای به لحاظ شاخص‌های منتخب کالبدی دارند. همچنین بلوک‌های ساختمانی موجود در قسمت‌های جنوبی و نواحی حاشیه‌های جنوب منطقه از وضعیت آسیب‌پذیری متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند که نیازمند برنامه‌ریزی‌های دقیق پیش از بحران در این نواحی به لحاظ تقویت و بهبود شاخص‌های کالبدی به‌خصوص در زمینه عمر بنا، کیفیت و نوع مصالح می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** تحلیل فازی، آسیب‌پذیری لرزه‌ای، شاخص‌های کالبدی، تبریز.

## مقدمه

جهان به طور پیوسته در حال تبدیل شدن به مکان‌های شهری است (۱) و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ بیش از ۶۵ درصد مردم دنیا در شهرها زندگی کنند. (۲) بنابراین محققان توجه خود را به سوی پیچیدگی‌های رو به رشد شهرها متمرکز کرده‌اند. (۳) و یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای جهان با آن دست به گریبان هستند، بلایای طبیعی است. (۴)

در این بین سکونتگاه‌های بشری از جمله شهرها از دیرباز با وقوع سوانح طبیعی، با آسیب‌های جانی و مالی قابل توجهی مواجه شده‌اند که به نوعی این فرایند مَهر تأییدی بر نظریه جبر جغرافیایی است. (۵)

ایران در ردیف ۱۰ کشور بلاخیز دنیا قرار دارد و زلزله، مسبب بیشترین تلفات انسانی آن است طوری‌که کمربند زلزله، ۹۰ درصد خاک کشور را در بر گرفته است (۶) و این مسأله به یکی از بحران‌های بزرگ کشور تبدیل شده است. اگر چه جلوگیری از وقوع زلزله امکان‌پذیر نیست، ولی کاهش آسیب‌های ناشی از آن ممکن می‌باشد. (۷) در این میان اکثر کشورها برای کاهش اثرات زلزله به مدیریت بحران روی آورده‌اند. (۸)

تجربه نشان داده است کشورهایی که با این پدیده درگیرند تا حدود زیادی عامل تخریب زلزله‌ها را کاسته‌اند و شهرهای خود را بر اساس اصول مهندسی بنا نهاده و هیچ‌واهمه‌ای از وقوع زمین‌لرزه ندارند. (۹ و ۱۰)

می‌توان گفت آنچه موجب افزایش تلفات زلزله می‌شود زلزله نیست، بلکه ساختمان‌های غیرمقاوم یا کم‌مقاومتی است که در اثر غفلت‌ها، عدم احساس مسئولیت در انجام وظایف توسط دست‌اندرکاران ساخت و ساز اعم از قانون‌گذاران، تدوین‌کنندگان آیین‌نامه‌های لرزه‌ای و ضوابط شهرسازی، طراحان و مالکان است که متناسب با مشارکت خود در ساخت و ساز غیراصولی باعث بروز چنین فجایی می‌شوند. (۱۱)

کشور ما، به دلیل قرارگیری در کمربند لرزه خیز آلپ-همالیا، جزو مناطق لرزه‌خیز دنیا محسوب می‌شود. شواهد تاریخی نشانگر آن است که مناطق عمده‌ای از کشورمان به وسیله این حادثه طبیعی متحمل خسارات مالی و جانی گردیده‌اند. همچنین گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل در سال ۲۰۰۳، رتبه نخست تعدد زلزله‌های بالای ۵/۵ ریشتری را به ایران اختصاص داد و همان سال ایران جزء کشورهایی قرار گرفت که بیشترین درصد آسیب‌پذیری ناشی از زلزله را دارند. (۱۲)

در این بین و با توجه به اهمیت مسأله مدیریت شرایط و آشنایی با وضعیت مؤلفه‌ها و نمایه‌های محیطی و کالبدی و نقاط ضعف و قوت آنها که در بحث زلزله و متأثرشدن از این شرایط به خصوص در شهرها اهمیت دارند از یک سو و تشخیص مکان‌های آسیب‌پذیر و میزان این آسیب‌پذیری با توجه به وضعیت شاخص‌های کالبدی آنها امری بسیار حیاتی است. استفاده از توابع فازی برای تحلیل و تشخیص وضعیت

مؤلفه‌ها برای حل مسأله با توجه به لحاظ کردن ماهیت مثبت و منفی آن شاخص‌ها (گرایش‌های کاهشی و افزایشی آنها) با توجه به موضوع مسأله (در اینجا آسیب‌پذیری از زلزله) در مطالعات متعددی مبنای کار قرار می‌گیرد. توابع فازی در چهار دسته  $Gama$  و  $product$ ،  $Sum$ ،  $OR$ ،  $AND$  دسته‌بندی می‌شود که عمدتاً برای تحلیل‌های مقایسه‌ای و انتخاب بهترین راهکار برای حل مسأله از سه عملگر  $OR$ ،  $AND$ ،  $Gama$  استفاده می‌شود و دو عملگر دیگر یعنی  $Sum$  به علت گرایش‌های صرفاً افزایشی و عملگر  $Product$  به علت گرایش‌های صرفاً کاهنده در تلفیق یا در بدنه عملگر  $Gama$  استفاده شود. هر کدام از این عملگرها به ما اجازه می‌دهد با توجه به موضوع مسأله و ماهیت شاخص‌ها بتوانیم آنها را برای تشخیص بهترین راهکار برای حل مسأله انتخاب کنیم که این مزیت عمده آنها به حساب می‌آید. در این بین، عملگر  $AND$  رویکرد اشتراکی دارد که شاخص‌های با گرایش کاهشی را گزینش و به سمت آنها میل می‌کند. عملگر  $OR$  رویکرد اجتماع را برای تحلیل برگزیده و شاخص‌های با گرایش افزایشی را انتخاب و حل مسأله را به آن سمت سوق می‌دهد. عملگر  $Gama$  در تحلیل مسأله همزمان گرایش‌های کاهشی و افزایشی شاخص‌ها و مؤلفه‌ها را به کار می‌گیرد که هر کدام با توجه به صورت مسأله و نوع مؤلفه‌ها و شاخص‌ها می‌تواند در آگاهی از شرایط مسأله بسیار حائز اهمیت باشند.

در این خصوص شهر تبریز به دلیل موقعیت زمین‌شناختی و وجود گسل‌های متعدد، درصد بالای آسیب‌پذیری کالبدی، نبود امکانات مدیریت بحران و مسائلی از این دست، در معرض خطرپذیری لرزه‌ای بسیار بالا قرار دارد. مهم‌ترین عامل در افزایش میزان آسیب‌پذیری تبریز، رشد ناهماهنگ و نامتناسب شهر با وضعیت لرزه‌خیزی آن به خصوص در چند دهه اخیر است. بی‌توجهی به ساخت و ساز مقاوم، وجود بافت‌های فرسوده با معابر تنگ و باریک، گسترش ناهمگون بافت و بسیاری از این‌گونه عوامل ریشه در شکل‌گیری و توسعه بی‌برنامه شهر دارد که برای بهسازی آن نیاز به صرف زمان و هزینه هنگفتی است. (۱۳)

منطقه ۱ شهر تبریز با واقع شدن در شمال شهر تبریز و مجاورت با گسل خطرناک شهر تبریز، در معرض خطر شدید زلزله می‌باشد. زمانی این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد که بدانیم در صورت بروز خطر، این منطقه به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز شدید ساختمانی، تراکم زیاد جمعیت، رعایت نکردن استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های موجود در منطقه، استفاده از مصالح نامطلوب و وجود بناهایی با قدمت زیاد با مشکلات عدیده و متفاوتی نسبت به سایر مناطق مواجه است. بر این اساس توجه به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و برنامه ریزی برای کاهش آسیب‌های ممکن، از ضروریات مدیریت شهری تبریز می‌باشد. با توجه به اهمیت ارزیابی میزان آسیب‌پذیری کالبدی از فرایند زلزله در منطقه ۱

شهر تبریز در مطالعه حاضر سعی شده است تا مسأله آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در این منطقه با توجه به شاخص‌های کالبدی ارزیابی شود.

### سؤال‌های پژوهش

با توجه به هدف مشخص برای پژوهش حاضر دو سؤال اصلی پژوهش عبارتند از:

(الف) کدام قسمت‌های منطقه ۱ تبریز دارای بیشترین آسیب‌پذیری لرزه‌ای با توجه به شاخص‌های کالبدی منتخب می‌باشد.

(ب) کدام یک از عملگرهای منطق فازی بهتر می‌تواند نواحی آسیب‌پذیر را در منطقه ۱ شهر تبریز با توجه به شرایط موجود شاخص‌های کالبدی شناسایی کند.

### پیشینه پژوهش

در زمینه آسیب‌پذیری در برابر زلزله، تاکنون ارزیابی‌های متعددی در قالب تحقیقات گوناگون در ایران و جهان صورت گرفته است که در قسمت به چند مورد اشاره می‌شود:

شرکت جایکا<sup>۱</sup> (JICA) (۱۳۸۰) در پروژه‌ای، آسیب‌پذیری شهر تهران را از جنبه‌های گوناگون فیزیکی، انسانی و همچنین مکان‌های خاص بر اساس منحنی‌های شکست که در تحقیقات پیشین توسط توکلی انجام شده بود، بررسی کرده است.

زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان را در برابر زلزله تحلیل کرده است. نتیجه این تحقیق

نشان دهنده آسیب‌پذیری بالای مسکن و وضعیت نامطلوب از نظر دسترسی به مراکز امدادی است. احدنژاد روشنی (۱۳۸۸) در رساله دکترای خود تحت عنوان «مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با به کارگیری مدل (RISK-UE) و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و بومی‌سازی آنها با استفاده از توابع آسیب‌پذیری زلزله‌های رخ داده» در مناطق مختلف کشور به مطالعه آسیب‌پذیری کالبدی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته و برآورد مناسبی از آسیب‌پذیری شهر زنجان با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی اجزا و عناصر اصلی و رفتاری ساختمانی و تعیین تأثیر هر کدام از معیارهای به کار گرفته در میزان آسیب را انجام داده است.

فرج‌زاده اصل و دیگران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران)» به بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای این منطقه پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از آسیب‌پذیری منطقه ۹ شهرداری تهران در برابر زلزله و کارایی مدل تاپسیس فازی در ارزیابی آسیب‌پذیری این منطقه است.

فلاح علی‌آبادی و دیگران (۱۳۹۲) در مطالعه آسیب‌پذیری بافت تاریخی یزد پس از تعریف شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری بافت تاریخی یزد به وزندهی و اولویت‌بندی آنها پرداخته و در نهایت نقشه آسیب‌پذیری محله فهادان یزد را ارائه

<sup>1</sup> Japan International Cooperation Agency

کرده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ۶۵ درصد از مساحت محله، آسیب‌پذیری بالا دارد. راشد<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله» با استفاده از تحلیل‌های فضایی معیاری، ابتدا محدودیت‌های دیدگاه‌های کنونی را در تحلیل آسیب‌پذیری اثبات کرد، سپس کمبودهای نرم‌افزارهای GIS را بررسی و سپس برای تحلیل آسیب‌پذیری زلزله از نرم‌افزار HAZUS استفاده و در نهایت تأکید کردند که می‌توان از روش‌های دیگر هم استفاده کرد.

مارتینلی<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و ارائه سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا» ابتدا با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری از جمله Risk-Ue میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی و در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخت.

لانتادا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی علاوه بر مدل‌سازی آسیب‌پذیری بارسلون با مدل RISK\_UE، با استفاده از مدل‌های موجود تخمین خسارات انسانی و اقتصادی بارسلون را ارزیابی کرده‌اند.

## روش تحقیق

مطالعه حاضر با هدف‌گذاری کاربردی و با روش‌شناسی «توصیفی-تحلیلی» در راستای تحلیل

میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای شاخص‌های کالبدی در منطقه ۱ شهر تبریز به انجام رسیده است.

شاخص‌های کالبدی در ۶ شاخص از جمله عمر بنا، کیفیت، تعداد طبقات، ضریب اشغال، مصالح مورد استفاده، و نوع کاربری در بنا دسته‌بندی شده‌اند. برای تولید و استخراج لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌های مورد مطالعه پژوهش از نقشه ۱:۵۰۰۰ کاربری اراضی شهر تبریز و مشاهدات میدانی سال ۱۳۹۱ استفاده شده است. برای دستیابی به هدف پژوهش شاخص‌های مورد نظر ابتدا در نرم‌افزار Arc GIS 10 در جعبه Spatial Analyst با استفاده از توابع فازی در قسمت Fuzzy Overlay، فازی سازی شد، سپس با استفاده از عملگرهای فازی AND، OR و GAMA در قالب این نرم‌افزار تحلیل شد. با توجه به اهمیت توجه به گرایش‌های کاهشی و افزایشی شاخص‌ها در فرایند تحلیل فازی و برای دستیابی به تحلیل‌های دقیق‌تر در مبحث انتخاب بسترهای بهینه یا وضعیت ایده‌آل در حل مسأله و به‌کارگیری دقیق آنها با توجه به وضعیت شاخص‌ها در حالت واقعی مسأله باید نسبت به تعیین عملگر بهینه فازی در این زمینه اقدام گردد. در ادامه مدل فرایند اجرایی پژوهش در شکل شماره ۱ آمده است.

<sup>1</sup> Rashed

<sup>2</sup> Martinelif

<sup>3</sup> Lantada

زمین‌ساختی در شمال‌شرقی دریاچه ارومیه است. (۱۴) زمین‌لرزه‌های سهمگین جدول شماره ۱ در پیوند با گسل شمال تبریز روی داده‌اند.

توجه به این موضوع به دلیل وجود بخش‌های عمده‌ای از مناطق اسکان غیررسمی تبریز در قسمت‌های شمال‌غرب و غرب منطقه ۱ و وضعیت نامناسب ضوابط شهرسازی ازجمله وضعیت نابسامان بناها به لحاظ کیفیت، نوع مصالح، قدمت، بالابودن تراکم‌های ساختمانی و مسکونی و مسائلی از این قبیل اهمیتی دوچندان می‌یابد.

بر مبنای تقسیم‌بندی طرح تفصیلی، منطقه ۱ شهرداری تبریز، به ۵ ناحیه تقسیم می‌شود. ناحیه ۱ شامل (شهرک ولیعصر)، ناحیه ۲ شامل (کوی گلکار، توانیر، صالح‌آباد، سیابان و قسمت‌های اندکی از کوی ولیعصر و عباسی)، ناحیه ۳ شامل (یوسف‌آباد، عباسی، ربع رشیدی)، ناحیه ۴ شامل (بیلاکوه، قسمت‌هایی از پل سنگی و شمس تبریزی) که شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی-کالبدی و... آنها با هم بسیار متفاوت می‌باشد. همچنین ویژگی‌های اجتماعی و فیزیکی این منطقه در جدول شماره ۲ قابل مشاهده است. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه به صورت شماتیک در شکل شماره ۲ آورده شده است.

شناخت مسأله و هدف‌شناسی پژوهش

تولید و دسته‌بندی شاخص‌های پژوهش

طبقه‌بندی مجدد و فازی لایه‌های پژوهش

تحلیل لایه‌های فازی با عملکرد گامی

دستیابی به نتایج پژوهش

شکل شماره ۱: مدل فرایند اجرایی پژوهش

### محدوده مورد مطالعه

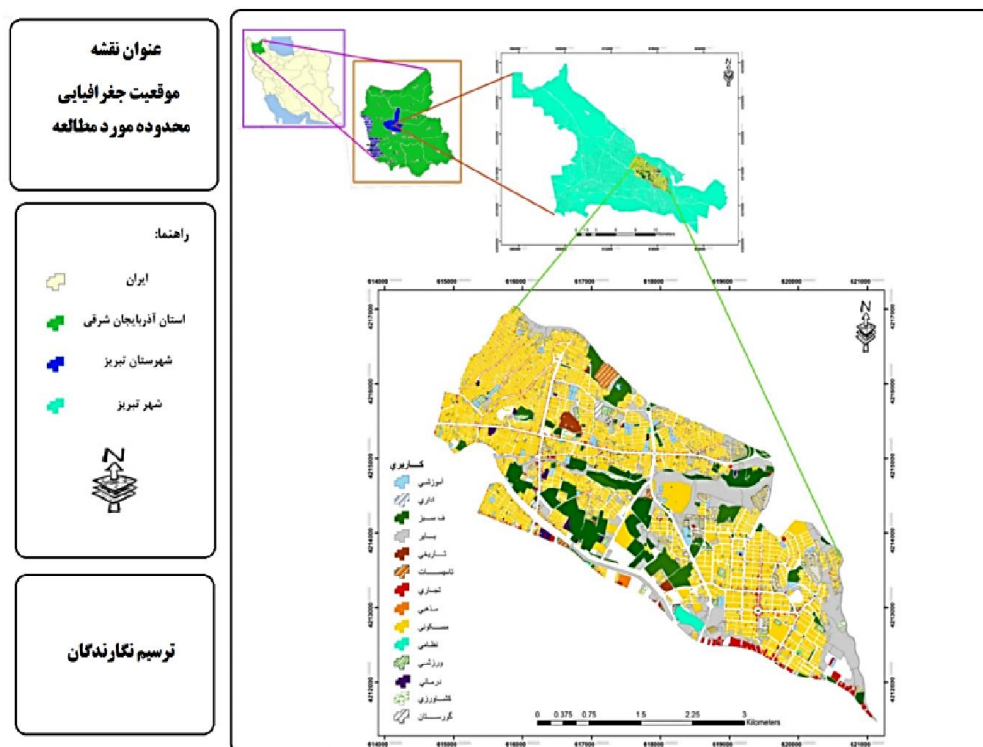
منطقه ۱ به عنوان یکی از مناطق ده‌گانه شهرداری با جمعیتی بالغ بر ۲۱۲۲۰۶ نفر، در زمره پرجمعیت‌ترین مناطق شهر تبریز است. محدوده منطقه ۱ در حوزه شمالی و شمال‌شرقی شهر تبریز واقع شده است. این منطقه از شمال به ارتفاعات عون‌بن علی و از جنوب به محورهای امام خمینی، بلوار ۲۹ بهمن، بلوار بسیج و خیابان شمس تبریزی محدود شده است. این منطقه با وسعت ۲۸۶۲/۳ هکتار، ۸۸ درصد از سطح حوزه شمالی تبریز را دربرگرفته است. مهم‌ترین ویژگی این منطقه به لحاظ جایگاه آن همجواری با ارتفاعات عون‌بن علی، حضور رودخانه مهرانه‌رود، باغات و فضاهای سبز است. گسل شمالی تبریز که به عنوان یکی از خطرناک‌ترین گسل‌های استان شناخته می‌شود با عبور از شمال شهر تبریز و منطقه ۱ شهر تبریز، باعث خطرپذیری بالای این منطقه نسبت به مناطق جنوبی‌تر شده است. این گسل یکی از بنیادی‌ترین ساختمان‌های

جدول شماره ۱: زمین لرزه های بزرگ مرتبط با گسل تبریز (۱۵)

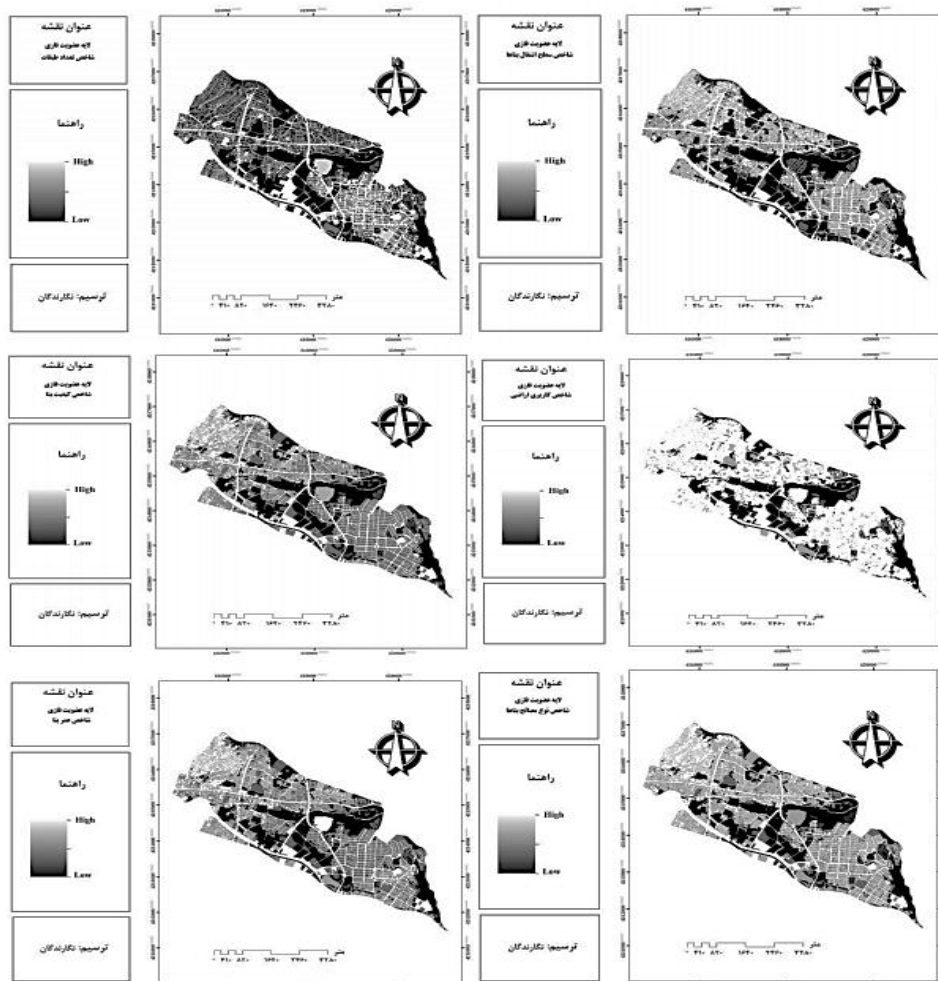
سال میلادی	بزرگی (MS)	شدت (IQ)
۸۵۸	۶	VII
۱۰۴۲	۷/۶	X
۱۷۲۱	۷/۷	X
۱۷۸۰	۷/۷	X
۱۹۶۰	۵/۱	VI, VII

جدول شماره ۲: شاخص اجتماعی و فیزیکی در منطقه ۱ طرح تفصیلی تبریز (۱۶)

شاخص های اجتماعی - اقتصادی و کالبدی	میزان
جمعیت	۲۱۱۳۴۰
بُعد خانوار	۳/۷
تعداد واحد مسکونی	۸۶۹۷۹
متوسط تراکم ساختمانی	۹۲/۱
متوسط طبقات مسکونی	۱/۵
متوسط مساحت قطعات مسکونی	۱۸۹
تراکم خانوار در واحد	۱/۱۸
تراکم ناخالص جمعیتی (نفر در هکتار)	۱۲۸/۶
تراکم خالص جمعیتی (نفر در هکتار)	۳۳۸/۸



شکل شماره ۲: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل شماره ۳: نقشه عضویت فازی شاخص‌های منتخب پژوهش (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۳)

## یافته‌ها

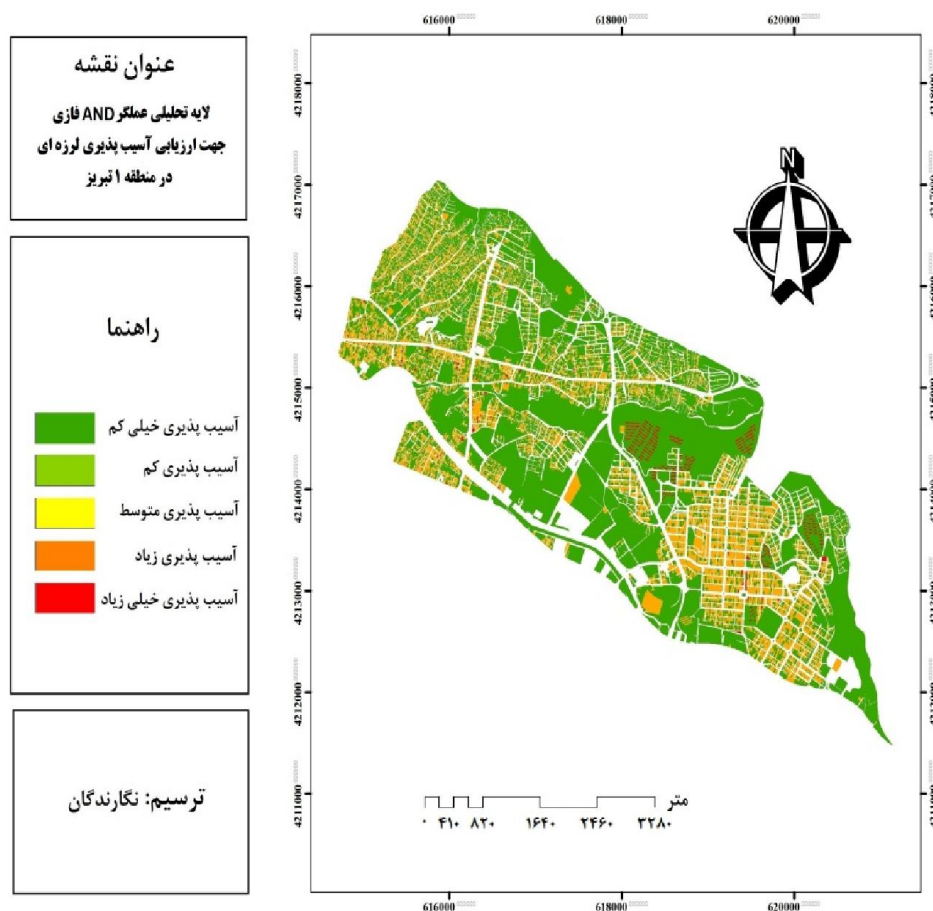
در این مرحله از پژوهش، ابتدا سعی گردید شاخص‌های مورد مطالعه پژوهش برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای با استفاده از توابع فازی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 به عضویت فازی در آید. حاصل تحلیل لایه‌های مربوط به شاخص‌های مورد ارزیابی پژوهش در این مرحله در شکل ۳ آمده است. بعد از فازی‌سازی لایه‌های پژوهش سعی شد با استفاده از عملگرهای فازی به تحلیل لایه‌های پژوهش پرداخته شود. در این مرحله، اولین عملگر مورد استفاده AND فازی بود. عملگر فازی AND مشابه عملگرهای اشتراک در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد که برای تهیه خروجی از این عملگر اقدام به تعریف تابع آن شده است.

$$\mu_{combination} = \min(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$



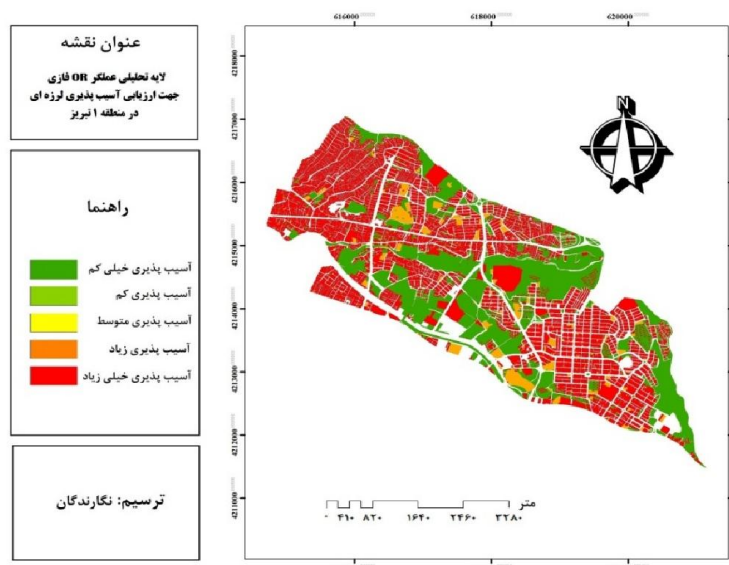
این عملگر در یک موقعیت مشخص حداقل درجه عضویت واحدهای سلولی را استخراج و در نقشه نهایی منظور می‌کند. با توجه شرایط شاخص‌ها این عملگر قسمت‌های بسیار محدودی را در بازه آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد قرار داده و شرایط شاخص‌ها را متناسب با شرایط موجود منطقه با توجه به وضعیت شاخص نوع مصالح ساختمانی در قسمت‌های شمالی و مرکزی یا کیفیت بناها در قسمت‌های شمالی و مرکزی به سمت شرق آن درست پیش‌بینی نکرده و در عین حال تأثیر نوع کاربری را بیش از بقیه شاخص‌ها ارزیابی کرده است. مطابق با نتایج این عملگر، قسمت‌های مرکزی متمایل به جنوب و قسمت‌های محدودی در مرکز منطقه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد نشان داده شده است. در ادامه با استفاده از عملگر OR فازی لایه‌ها تحلیل شد. این عملگر، مشابه عملگر اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک عمل می‌کند که به صورت رابطه زیر تعریف و در لایه‌های اعمال شده است. نقشه‌های مربوط به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه با استفاده از عملگرهای فازی در شکل‌های شماره ۳، ۴ و ۵ قابل مشاهده می‌باشد.

$$\mu_{combination} = \text{Max} (\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$



شکل شماره ۴: نقشه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه ۱ تبریز با استفاده از AND فازی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۳



شکل شماره ۵: نقشه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه ۱ تبریز با استفاده از OR فازی  
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۲

ضریب اشغال و عمر بناها درست تحلیل شده است.

آخرین عملگر مورد استفاده در مطالعه حاضر عملگر Gama فازی می‌باشد. این عملگر یک حالت کلی از عملگرهای *Product* و *Sum* فازی می‌باشد که به صورت تلفیقی و در قالب رابطه زیر به کار گرفته شده است.

$$\mu_{combination} (Fuzzy Algebraic Sum)^{1-\delta} (Fuzzy Algebraic Product)^{\delta}$$

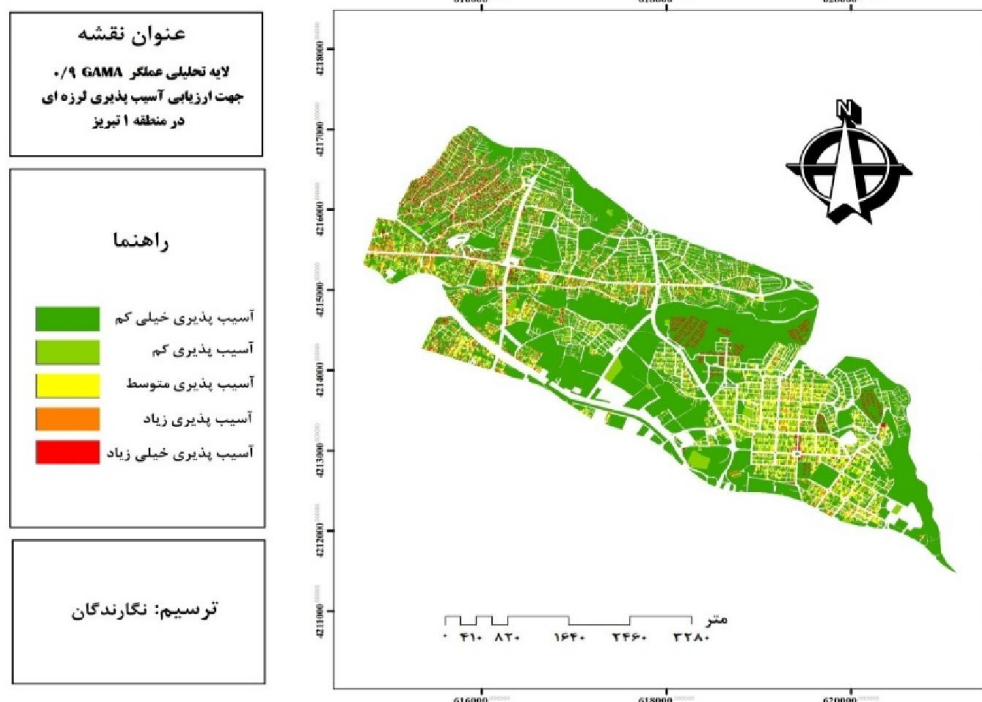
در عملگر Gama فازی و در رابطه بیان شده برای آن مقدار  $\delta$  بین صفر و یک متغیر است، اگر مقدار یک انتخاب شود تبدیل به عملگر *Sum* فازی می‌گردد و اگر صفر انتخاب شود به عملگر *Product* تبدیل می‌گردد. بنابراین باید توجه شود که انتخاب صحیح مقدار  $\delta$  در خروجی تأثیر

در این عملگر در یک موقعیت مشخص، برخلاف عملگر AND، حداکثر درجه عضویت واحدهای سلولی استخراج و در نقشه نهایی اعمال می‌گردد. به عبارت دیگر مقدار عضویت ترکیب شده در یک موقعیت، توسط مناسب‌ترین نقشه‌های فاکتور محدود می‌گردد. همانطور که ملاحظه می‌شود طبق الگوی عملیاتی این عملگر قسمت‌های عمده‌ای از منطقه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد و با پهنه‌ای گسترده نشان داده شده است. مطابق نتایج این عملگر وضعیت تعداد طبقات ساختمان و نوع کاربری اراضی به خصوص در قسمت‌های جنوبی و مرکزی و همچنین وضعیت کیفیت بناها در قسمت‌های شمالی نسبت به شرایط واقعی آنها در برابر آسیب‌پذیری درست پیش‌بینی نشده است. این مسأله در حالی است که وضعیت شاخص‌های

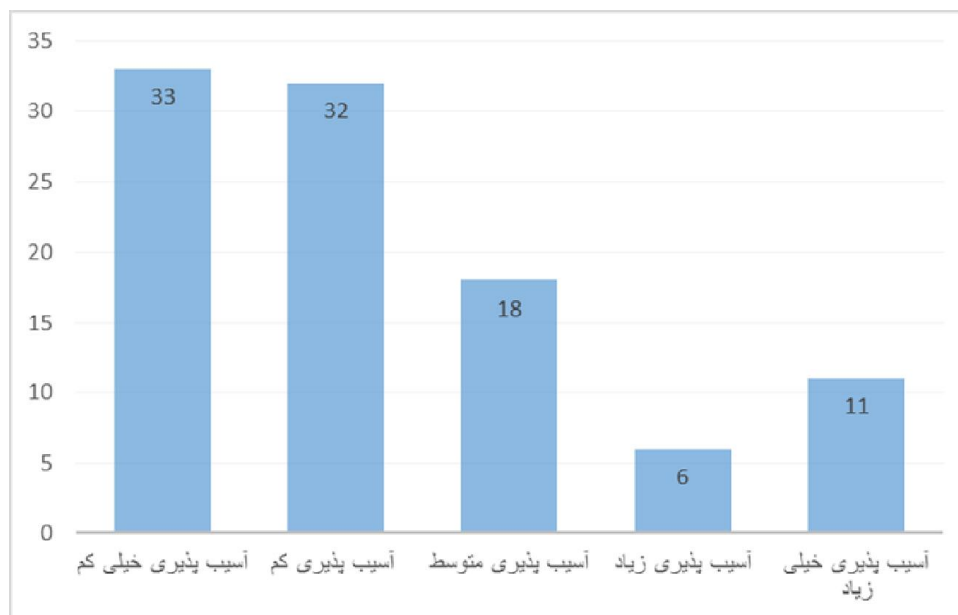
خواهد گذاشت و می‌تواند در سازگاری گرایش‌ها کاهش می‌دهد که در عملکرد Product قرار دارد با گرایش‌ها افزایشی که در عملکرد Sum وجود دارد بسیار تعیین کننده باشد. در این مطالعه با آزمایش حد آستانه‌های ما بین صفر و یک مشخص گردید که حد آستانه ۰/۹ با توجه به خروجی بدست آمده یک سازگاری قابل انعطافی را بین گرایش‌ها افزایشی و کاهش می‌دهد در خروجی داده‌ها ایجاد می‌کند. چرا که به کارگیری این توان به صورت مشخص و دقیق‌تری برخلاف توان‌های پایین و بالاتر از خود که به افزایش و کاهش حداکثری گرایش داشتند و به حذف اثرات بعضی از شاخص‌ها مثل عمر و ضریب اشغال بنا و نوع کاربری اراضی منجر می‌شد. در این حد آستانه وضعیت منطقه از لحاظ آسیب‌پذیری شاخص‌های

کالبدی در هنگام رخداد زلزله به طور دقیقی ارزیابی گردیده است. این مسأله را می‌توان در ارزیابی دقیق اثر شاخص عمر و کیفیت بنا و نوع مصالح به کار رفته در بنا در قسمت‌های شمالی به سمت غرب و غرب منطقه و وضعیت کاربری اراضی و سطح اشغال در بلوک‌های مرکزی قسمت‌های جنوبی منطقه و سطح اشغال بناها در قسمت‌های مرکزی منطقه مشاهده کرد.

نتایج حاصل از این عملکرد نشان می‌دهد که قسمت‌های شمالی منطقه ۱ و نواحی منتهی‌الیه قسمت غربی منطقه یعنی محلات (بیلانکوه، قسمت‌هایی از محله عباسی و یوسف آباد) استعداد بالایی برای آسیب‌پذیری لرزه‌ای به لحاظ شاخص‌های منتخب کالبدی دارند.



شکل شماره ۶: نقشه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه ۱ تبریز با استفاده از GAMA فازی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۳)



شکل شماره ۷: وضعیت آسیب‌پذیری منطقه ۱ تبریز (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۳)

### بحث و نتیجه‌گیری

سوانح طبیعی و از جمله آنها زلزله فرایندهایی هستند که کنترل و برنامه‌ریزی برای آن خارج از پیش‌بینی‌ها و محاسبات بشری است و به همین علت به آنها حوادث غیرمترقبه گویند. این مسأله زمانی که در مکان‌های پرتراکم به‌خصوص از لحاظ جمعیتی و در مکان‌هایی که ایستایی کالبدی مناسب و مستحکمی از لحاظ شاخص‌های کالبدی نداشته باشد صورتی هراسناک به خود می‌گیرد که ضرورت برنامه‌ریزی و راهکار برای آن تحت جامه مدیریت بحران این حوادث در قبل، حین و بعد از آن مورد تأکید برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران و حتی نهادهای ملی و بین‌المللی قرار گرفته است. مطابق چنین ضرورتی در مطالعه حاضر سعی شد تا مسأله آسیب‌پذیری لرزه‌ای شاخص‌های کالبدی در منطقه ۱ شهر تبریز تحلیل و ارزیابی شود. در

با توجه به شکل شماره ۷ مشخص می‌شود که ۶۵ درصد از محدوده مورد مطالعه در وضعیت آسیب‌پذیری کم و خیلی کم قرار دارد. ۱۸ درصد در وضعیت متوسط و ۱۷ درصد در وضعیت آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد می‌باشند. مناطق موجود در محدوده آسیب‌پذیری بالا (۱۷ درصد) جمعیتی نزدیک به ۶۳۰۰۰ نفر را در خود جای داده‌اند که لزوم توجه ویژه به این منطقه را نشان می‌دهد. همچنین با توجه به اینکه محدوده یاد شده جزو بافت فرسوده شهر تبریز می‌باشد، ویژگی‌های عمومی آن از جمله (تراکم‌های بالای مسکونی و جمعیتی)، شرایط برای امداد رسانی را در صورت بروز هرگونه بحران از جمله زلزله حادث می‌نماید. به همین جهت، لزوم توجه به اصول مدیریت بحران به ویژه، فاز اولیه آن یعنی پیش از بحران بسیار حیاتی است.

این خصوص با توجه به داده‌ها و اطلاعات در دسترس، ۶ شاخص عمده کالبدی در این زمینه یعنی کیفیت، عمر، مصالح، ضریب اشغال ساختمان‌ها، تعداد طبقات و کاربری اراضی تحلیل شد. در این خصوص شاخص‌های ۶ گانه منتخب ابتدا با استفاده از توابع فازی در قالب نرم‌افزار Arc GIS 10 به عضویت فازی درآمد و سپس با استفاده از عملگرهای فازی AND، OR و GAMA تحلیل شدند. نتایج پژوهش در این مرحله نشان داد که عملگر گامای فازی با حد آستانه ۰/۹ بهتر از دو عملگر AND و OR توانست با توجه به شریط شاخص‌های منتخب کالبدی در منطقه ۱ شهر تبریز به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بپردازد. مطابق با نتایج این عملگر، قسمت‌های شمالی منطقه ۱ و نواحی منتهی‌الیه قسمت غربی منطقه استعداد بالای آسیب‌پذیری لرزه‌ای به لحاظ شاخص‌های منتخب کالبدی دارند که دلیل این امر را می‌توان در کیفیت شاخص‌های کالبدی محدوده مورد نظر (بیانکوه، قسمت‌هایی از محله عباسی و یوسف آباد) جستجو کرد. با توجه به اینکه محدوده‌های ذکرشده بخش وسیعی از بافت فرسوده و محلات اسکان غیررسمی شهر تبریز را شامل می‌شود و

مشخصات عمومی کالبدی آن (یعنی ریزدانگی بافت، معابر کم عرض، کیفیت پایین مصالح و قدمت بنا) زمینه‌ساز آسیب‌پذیری بالای این محدوده شده است، می‌توان گفت که نتایج حد آستانه ۰/۹ با واقعیت، مطابقت قابل قبولی دارد. لازم به ذکر است هر چند که امدادسانی بعد از وقوع بحران جنبه عملی به خود می‌گیرد و با افزایش کارایی نیروهای امدادی می‌توان از میزان تلفات و آسیب‌های جانی به نحو چشمگیری کاست، اما در صورت توجه کافی به اصول مدیریت بحران در سه فاز قبل، حین و بعد از بحران می‌توان آسیب‌پذیری را تا پایین‌ترین حد ممکن تقلیل داد. به عنوان مثال شرایط خاص قسمت‌های آسیب‌پذیر محدوده مورد مطالعه یعنی کیفیت پایین ابنیه و کم‌عرض بودن معابر به مسدود شدن شریان‌ها بعد از زلزله احتمالی منجر می‌شود و با توجه به اینکه بیش از ۹۰ درصد امدادسانی‌ها از طریق امداد زمینی انجام می‌شود، میزان تلفات احتمالی افزایش خواهد یافت. تمامی این مسایل نیازمند برنامه‌ریزی‌های دقیق پیش از بحران در این نواحی از منطقه به لحاظ تقویت و بهبود شاخص‌های کالبدی به‌خصوص در زمینه عمر بنا، کیفیت و نوع مصالح می‌باشد.

## References

1. Boulle Ph, Luc V, Elina P. *Vulnerability Reduction for Sustainable Urban Development*. Disasters journal, 1991; 5 (3):179-188.
2. Li F, Wang R, Paulussen J, et al. *Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: case study: Beijing, China*. Journal of Land scape and urban planning, 2005; 72. 325-336.
3. Pigeon P. *L'environnement au défi de l'urbanisation*, Rennes. Presses universitaires de Rennes, 2007: 189.
4. Alexander D. *Principles of Emergency and Managements*. Oxford University Press; 2002.
5. Shojaian A, Alizadeh H. *Locating multi-purpose spaces with the aim of crisis management after earthquake case study: worn texture of Shoushtar city*, 2014; 11(4): 127-140.[In Persian]
6. Avaze A, Jafari N. *The assessment of capabilities and limitations of Zanjan educational hospitals in crisis management (planning, structural and non-structural)*. National Congress of strategies for promoting crisis management in the unexpected event, 2006. [In Persian]
7. Shiea A, Habibi K, Torabi K. *Evaluating of city network connection vulnerability earthquake against using GIS & IHWP*. Journal of Bagh nazar, 2010; 13(7); 35-48. [In Persian]
8. Bayatmokhtari A, Bayatmokhtari M, Bayatmokhtari A. *Improvement of crisis management operation in urban transportation*. National Conference on Earthquake & Vulnerability of buildings and lifelines, 2010. [In Persian]
9. Mahdian F. *Vulnerability of Tehran's building earthquake against and how to reduce the vulnerability*. Proceedings of the seminar on construction in the capital in Tehran University, 2002. [In Persian]
10. Ebrahimzade I, Kazemizade SH, Ghanbari H. *Analysis of vulnerability due to earthquake emphasizing benchmark locating specific land uses (healthcare and education) case study: worn texture of Tabriz*. Geography and urban and regional preparation, 20012; 4:1-16. [In Persian]
11. Ahadnezhad M, Gharakhlou M, Ziari K. *Modeling buildings vulnerability of cities earthquake against using AHP in GIS, case study: Zanjan*. Geography and development, 2010; 19: 171-198. [In Persian]
12. UNDP. *Reducing disaster Risk, A challenge for Development*, 2004.
13. Tehran Consulting Engineers Padyr. *Seismic hazard micro-zonation plan of Tabriz*. 2009. [In Persian]
14. Ahmadi L. *Spatial analysis of crisis management in downtown of cities using GIS, case study: Tabriz downtown*. M.A thesis of geography and urban planning in Isfahan University, 2010. [In Persian]
15. Firouzi M. *Study of geotechnical characteristic of Line 2 route of Tabriz subway's alluviums using pressure meter test*. M.S thesis of Geology in Isfahan University, 2009. [In Persian]
16. Arseh Consulting Engineers and Developers. *Detailed Plan of Tabriz*, 2010. [In Persian]

## **Analysis of the seismic vulnerability of physical indicators based on fuzzy logic method (case study: district 1 of Tabriz city)**

**Mohsen Ahadnezhad Roshti**, Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, School of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

**Shahrivar Roostaei**, Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, School of Geography, University of Tabriz, Tabriz, Iran

**Corresponding author: Mohammad Javad Kamelifar**, PhD Student, Department of Geography and Urban Planning, School of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

**Email:** m.javad\_kamelifar@yahoo.com

**Hadi Alizadeh**, PhD Student, Department of Geography and Urban Planning, School of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

**Received:** August 19, 2015

**Accepted:** December 1, 2015

### **Abstract**

**Background:** Given the importance of the topic of earthquakes, as a natural disaster, challenges and damages caused by them in human societies, especially in urban settlements, considering construction issues and policies in order to identify the strengths and weaknesses in the indicators of the urban texture is important. With such necessity and the geological condition awareness of the city, due to earthquakes, this study aimed to assess the vulnerability of physical parameters by focusing on District 1 of Tabriz, Iran.

**Methods:** This was a descriptive-analytic study. Information on indicators of research topics were classified into six dimensions, including life, quality, number of floors, occupation level, user type, and building materials, and the map of their current situation was produced. ArcGIS software was used to analyze the data and functions of fuzzy analysis and/or fuzzy gamma analysis were used to determine the best conditions and appropriate zones.

**Findings:** The fuzzy Gamma function with the threshold of 0.9 was better than other fuzzy functions in the seismic vulnerability analysis of physical indicators of District 1 of Tabriz. According to the results of these functions, the north and north-western parts of the region and the central parts towards the south of the region were vulnerable.

**Conclusion:** The results indicated that the northern part of District 1 and areas in the western part of the region had high potential for seismic vulnerability in terms of physical indicators. Moreover, the building blocks in the southern parts and areas south of the border had medium to high vulnerability which required careful planning before the crisis in the region in terms of strengthening and improving physical indicators, especially in the field of construction, and quality and type of materials.

**Keywords:** Fuzzy analysis; Seismic vulnerability; Physical indicators, Iran